

Thiele ✓

Möglichkeiten der Nutzung mineralischer Rohstoffe aus dem Meeresboden und dem Meeresuntergrund

W. Schott, Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, BRD

Die Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen ist durch die zunehmende Industrialisierung auf der ganzen Welt nach dem letzten Krieg sehr stark gestiegen. Dies gilt nicht nur für die Primärenergieträger, das Erdöl und das Erdgas, sondern auch für Mangan, Nickel, Vanadium, Blei, Zink, Kupfer u.a. Nach neueren Schätzungen wird sich der Weltbedarf der wichtigsten Mineralien gegenüber dem von heute bis zum Jahre 1985 verdoppeln und bis zum Jahr 2000 verdreifachen [3]*). Die Vorkommen verschiedener mineralischer Rohstoffe auf dem Festland werden diesen Bedarf nicht decken können.

Aus den erdgeschichtlichen Befunden auf den Festländern ist klar ersichtlich, daß viele mineralische Rohstoffe in Meeresablagerungen der geologischen Vergangenheit vorkommen. Es ist daher verständlich, daß der Geologe, der Rohstoffe sucht, deshalb auch auf den heutigen Ozeanboden und dessen Untergrund blickt. Hier findet er ein weites Feld der Betätigung, denn 70,8 % der Erdoberfläche sind vom Meer bedeckt und der Meeresboden ist im Vergleich zu den Festländern noch verhältnismäßig wenig erforscht. Es ist allerdings bereits bekannt, daß Möglichkeiten bestehen, aus dem Meeresboden und dessen Untergrund einige mineralische Rohstoffe zu gewinnen.

Aufgabe dieses Berichtes ist es, die Möglichkeiten einer Nutzung dieser Rohstoffe aufzuzeigen. Es soll aber auch zum besseren Verständnis an Hand von Beispielen bei einigen Rohstoffen versucht werden, ihre Verbreitung zu deuten.

Mineralische Rohstoffe kommen vor in Ablagerungen auf und dicht unter dem heutigen Meeresboden sowie in Festgesteinen des Meeresuntergrundes.

Rohstoffe auf dem Meeresboden

In Sedimenten auf und dicht unter dem Meeresboden unterscheidet man Lagerstätten

- mit Mineralneubildungen und solche
- mit umgelagerten Mineralien (Mineralseifen).

Mineralneubildungen

Bereits vor fast 100 Jahren ist von der englischen Challenger-Expedition das erste Erz auf dem Tiefseeboden entdeckt worden. Es sind die Manganknollen, die vor allem in den großen Meerestiefen des Pazifischen und Atlantischen Ozeans weit verbreitet sind, Bild 1. Die Größe der Manganausscheidungen schwankt zwischen weniger als 1 mm und mehr als 10 cm. Mangan- und Eisenoxide sind die Hauptbestandteile der Knollen; außerdem sind an ihnen nicht unbedeutende Mengen an Kobalt, Nickel, Kupfer, Molybdän und Seltenen Erden beteiligt. Ihr Anteil an der Zusammensetzung der Knollen ist von der Meerestiefe abhängig. Vor allem diese Bestandteile der Knollen sind von wirtschaftlichem Interesse. Diese Mineralneubildung hat zumindest stellenweise schon während des Tertiärs im Pazifischen Ozean eingesetzt, denn Zähne von in der Tertiärzeit ausgestorbenen Haifischen sind dort in den Knollen gefunden worden.

*) siehe Literaturverzeichnis.

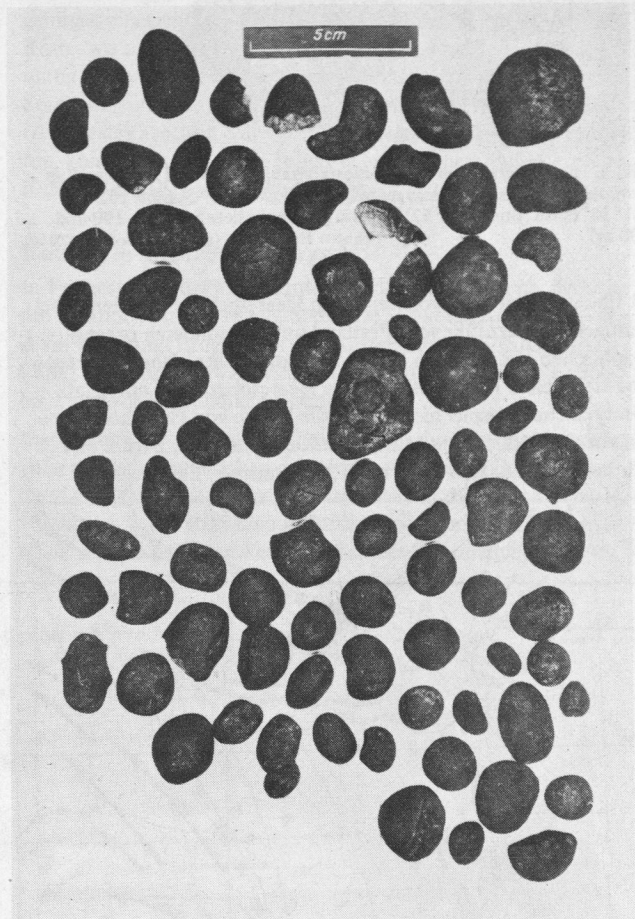


Bild 1. Manganknollen aus dem östlichen Pazifischen Ozean
Photo: Hagemann

Eine weitere wirtschaftlich interessante Mineralneubildung auf dem heutigen Meeresboden ist der Phosphorit in Form von größeren Knollen oder als Sand im Bereich des Schelfs bzw. in den höheren Teilen des Kontinentalabhangs bei Wassertiefen bis zu etwa 400 m. Der Phosphorit ist wegen seines Phosphatgehaltes nicht nur als Düngemittel begehrt, sondern er wird auch in der chemischen und pharmazeutischen Industrie gebraucht. Geringe Beimengungen von Strontium, Barium, Magnesium, Uran, Thorium und Seltenen Erden können vorhanden sein.

Nach der Schätzung von Mero [5] liegen etwa $3 \cdot 10^{11}$ t Phosphorit auf den Schelfen der Ozeane. Da Phosphatvorkommen auf den Festländern weit verbreitet sind, hängt es sehr von den örtlichen Gegebenheiten in den Küstenländern ab, ob eine Ausbeutung der Phosphoritknollen in ihren Offshore-Gebieten wirtschaftlich ist. Bekannte Vorkommen liegen u.a. vor der kalifornischen Küste und auf der Agulhas-Bank vor Südafrika.

Für die Entstehung von Phosphorit ist vor allem die Anwesenheit von größeren Mengen organischer Substanz erforderlich; Phospho-

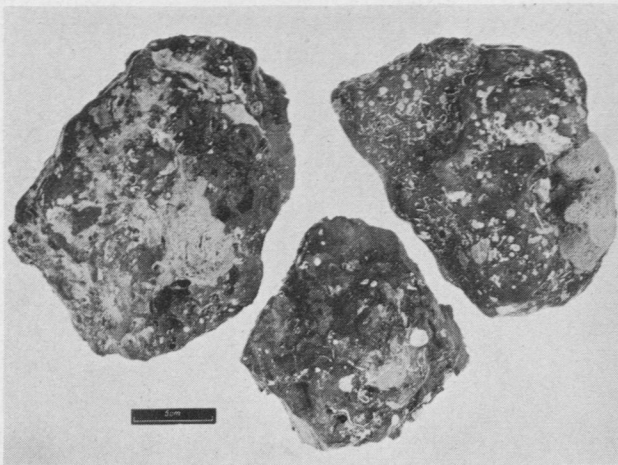
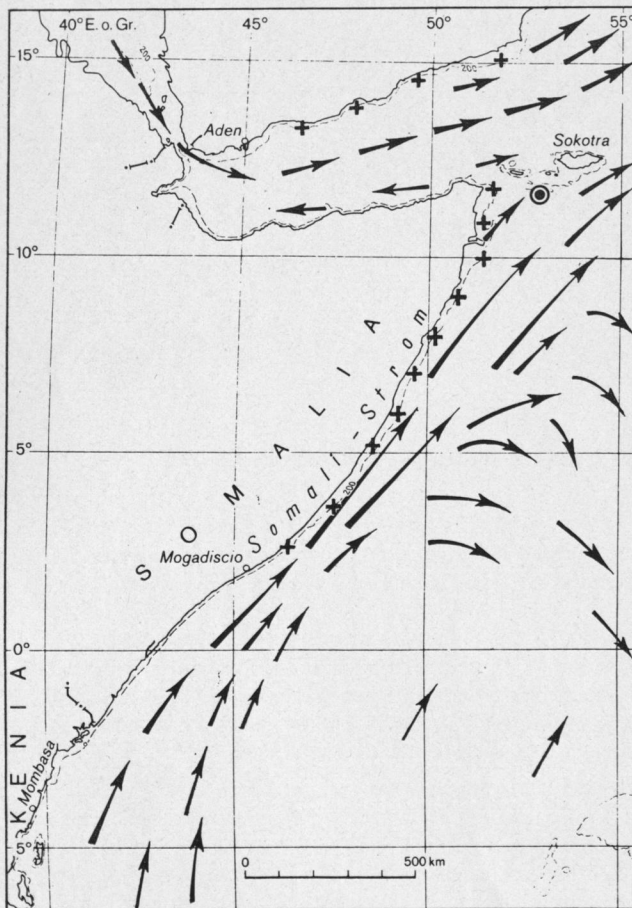


Bild 2. Phosphoritknollen vom nordostafrikanischen Schelf zwischen Kap Guardafui und Insel Sokotra; gedreht auf „Meteor“-Station 102 (11°38' nördl. Breite, 52°52' östl. Länge, Wassertiefe zwischen 190 und 290 m)
Photo: Hagemann (aus W. Schott, 1970 b)

rit findet sich deshalb vorwiegend in Meeresgebieten, in denen bei geringer Schuttfuhr vom Festland unter besonderen ozeanographischen Bedingungen kaltes nährstoffreiches, daher pflanzen- und tierreiches Tiefenwasser an die Meeresoberfläche aufsteigt. Ein typisches Beispiel hierfür sind die Funde von Phosphoritknollen vor der Somaliküste östlich von Kap Guardafui, Bild 2 und 3. Wir befinden uns hier im Bereich der Monsune. Entsprechend



→ Oberflächenstrom + Kaltes Auftriebwasser ● Phosphoritknollen

Bild 3. Strömungen der Meeresoberfläche und kaltes Auftriebwasser im nördlichen Sommer (nach G. Schott 7) und Vorkommen von Phosphoritknollen auf „Meteor“-Station 102

dem halbjährigen Wechsel der Windrichtung wechselt auch die Richtung des Oberflächenstromes vor der Küste. Da während der Sommerzeit auf der nördlichen Halbkugel der starke Somalistrom etwas ablandig verläuft, tritt entlang der Küste kaltes nährstoffhaltiges Tiefenwasser auf, das gegenüber dem subtropischen Oberflächenwasser des Somalistroms einen Temperaturunterschied bis zu 7°C haben kann. Eine plötzliche stärkere Verbreitung dieses Tiefenwassers kann ein Massensterben in der Lebewelt des subtropischen Oberflächenwassers verursachen, wenn sie in diese Kaltwassergebiete gelangt. Ein solches Massensterben begünstigt zusätzlich die Bildung von Phosphorit auf dem Ozeanboden.

Äußerst interessante Mineralneubildungen auf dem Meeresboden sind auch die vor wenigen Jahren entdeckten Erzschrämme im Roten Meer. Das Rote Meer ist Teil einer großen tektonischen Störungszone in der Erdkruste. Auf der Höhe der saudi-arabischen Hafenstadt Djiddah sind in drei tieferen Senken des Meeresbodens metallhaltige Schräme verschiedenster Ausbildung festgestellt worden, Bild 4 und 5. Auf diese Bunde wurde man durch das Auftreten von einer bis zu 58,4°C heißen Sole im Bodenwasser dieser Senken aufmerksam.

Am Aufbau der Erzschrämme sind Metalloxide, -karbonate und -sulfide beteiligt. Neben einem hohen Eisengehalt sind Mangan, Kupfer, Blei, Silber, Gold u.a. nachgewiesen. Die Gehalte dieser Metalle schwanken; lagenweise kann Zink bis zu 8,9 % und Kupfer bis zu 3,6 % angereichert sein. Durch die, wenn auch nur geringen Beimengungen an Buntmetallen ist dieser Erzschrämm von wirtschaftlichem Interesse. Nach einer amerikanischen Schätzung sollen im Atlantis-II-Tief die Gehalte von Zink, Kupfer, Blei, Silber

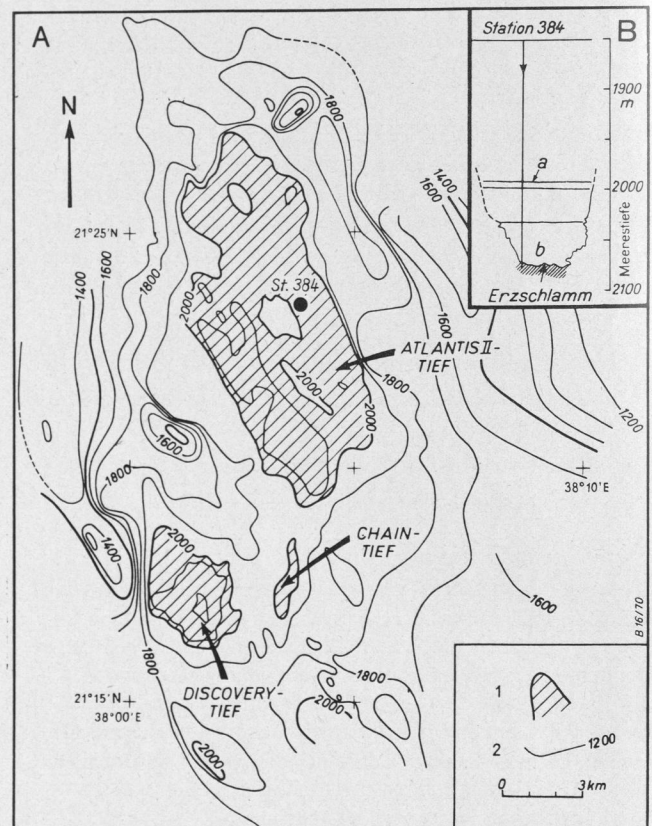


Bild 4. A Heiße Sole- und Erzschrämmvorkommen in Spezialsenken des Roten Meeres (nach Ross et al. in Degens u. Ross)

1. Gebiete der heißen Sole und Erzschrämme
2. Meerestiefen in m

B Heiße Sole und Erzschrämm im Atlantis-II-Tief („Meteor“-Station 384)

Echlotprofil mit drei thermischen Sprungschichten (a) im Bodenwasser; heiße Sole (b)

(nach Dietrich u. Krause in Degens u. Ross)

und Gold wenigstens einen Metallwert von 2,5 Mrd. US-Dollar haben.

Die Entstehung dieser spätglazialen bis holozänen Erzschräume ist noch nicht völlig geklärt. Sicher wird der im Roten Meer weit verbreitete junge Vulkanismus wesentlich zur Bildung dieser Metallanreicherungen mit beigetragen haben (näheres s. [4]).

Verschiedene Expeditionen haben bereits diese interessanten Fundstellen aufgesucht. Das neue deutsche Forschungsschiff „Valdivia“, das vom Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft ausgerüstet worden ist, wird zu Beginn des nächsten Jahres u.a. auch eine nähere Untersuchung dieses Gebietes vornehmen.

Mineralseifen

Mineralien, die auf Grund des gleichen oder ähnlichen spezifischen Gewichtes im Wasser zu Mineralseifen zusammenschwimmt worden sind, sind an den Küsten bzw. in den davor liegenden Flachwassergebieten der heutigen Ozeane weit verbreitet (Bild 5). Diese Vorkommen werden bereits an verschiedenen Orten ausgebeutet. Sie können je nach den geologischen Verhältnissen auf dem angrenzenden Land Diamante, Gold, Platin, Zirkon, Rutil, Monazit, Zinnstein u.a. enthalten.

Diamanten werden vor SW-Afrika aus Sanden und Kiesen gewonnen. Der Abbau von Zinnsteinseifen in SO-Asien, besonders im Bereich des indonesischen Archipels, ist seit vielen Jahren recht ertragreich. Dies ist auch bei den großen Rutil- und Zirkonseifen am Strand bzw. vor der Küste von Ostaustralien der Fall. Rutil ist wegen seines hohen Titangehaltes sehr gefragt. Titan wird beim Flugzeug- und Raketenbau gebraucht sowie in der Farbenindustrie zur Herstellung von Titanweiß. Zirkon wird benötigt in der kera-

mischen Industrie und beim Reaktorbau. Das Küstengebiet von Ostaustralien hat 1968 etwa 93 % der Weltproduktion an Rutil und 83 % an Zirkon geliefert. Ein Reingewinn von 30 Mio. US-Dollar konnte dort bereits 1965 erzielt werden.

An dem Auftreten von Schwermineralseifen an der Küste von Mosambique ist klar zu erkennen, wie es zu derartigen Mineralanreicherungen kommen kann. Das kristalline Grundgebirge des afrikanischen Kontinentes, in dem Schwerminerale fein verteilt vorkommen, reicht nördlich der Sambesi-Mündung fast bis an die Küste heran, nur ein schmaler Saum junger Ablagerungen trennt es vom Ozean. Mit dem Verwitterungsmaterial des Grundgebirges gelangen die Schwerminerale durch die Flüsse an die Küste, wo sie durch die vorwiegend küstenparallele Meeresströmung entsprechend ihrem spezifischen Gewicht einer weiteren Sortierung unterliegen, Bild 6. — Da während der Eiszeit weite Gebiete des heutigen Schelfs zum angrenzenden Festland gehörten, können auch auf dem Schelf in ertrunkenen Flußtälern und Küsten Mineralseifen vorhanden sein.

Rohstoffe im Meeresuntergrund

In Festgesteinen des Meeresuntergrundes findet man im Bereich des Kontinentalrandes Erze, Steinsalz, Schwefel, Kohle und vor allem Erdöl und Erdgas. Vor den Küsten von Großbritannien, Chile, Japan und Taiwan wird z.B. unter dem Meer Kohle abgebaut und vor Neufundland Eisenerze.

Der geologische Aufbau des Untergrundes des Kontinentalrandes entspricht im wesentlichen dem des angrenzenden Festlandes, denn der Meeresuntergrund ist dort meist nur die Fortsetzung des Festlandes in das Meer hinaus. Infolgedessen treten die mineralischen Rohstoffe in den Festgesteinen des Kontinentalrandes in

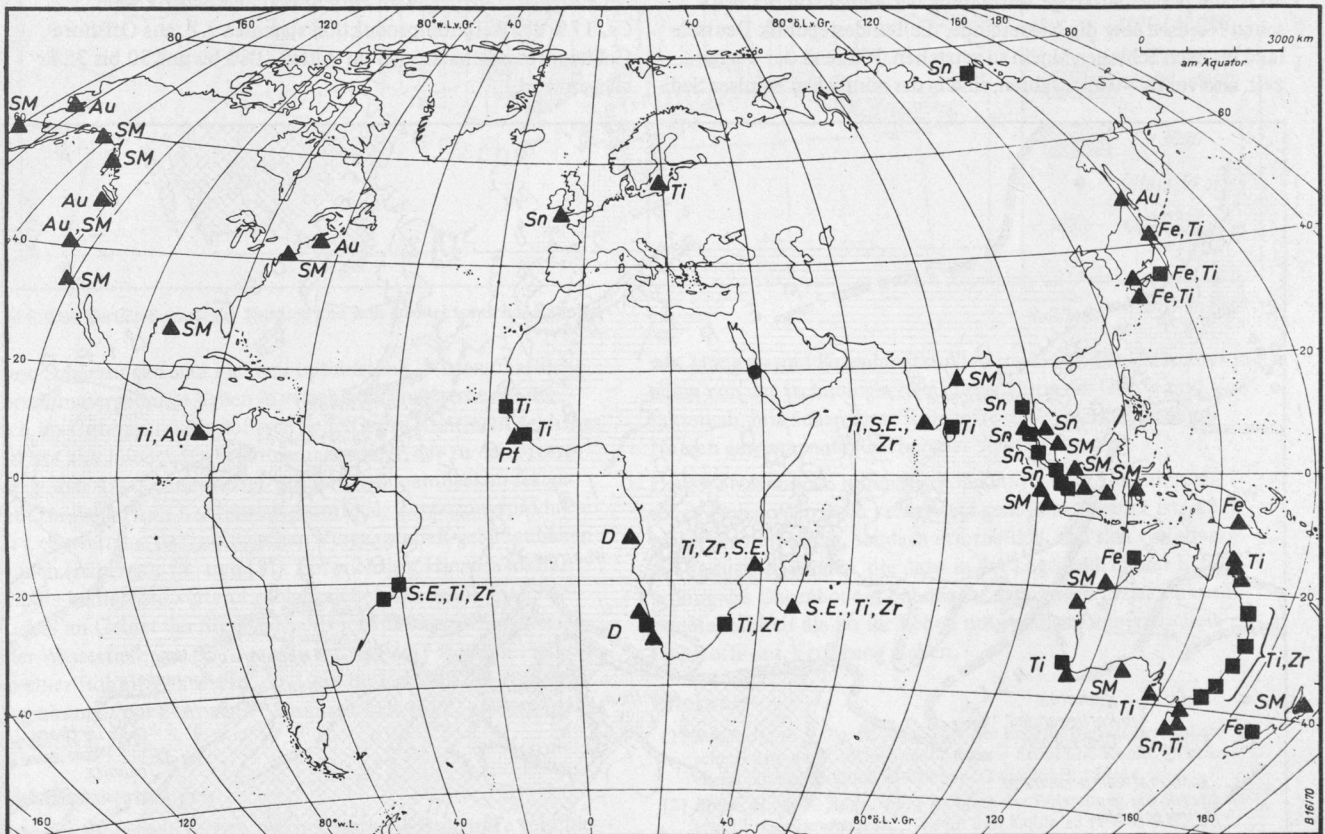


Bild 5. Vorkommen nutzbarer Schwerminerale und Erzschräume im Bereich der Ozeane (aus W. Schott, 1970 b)

Schwerminerale

- Abbau an der Küste bzw. auf dem Schelf
- ▲ wichtige Explorationstätigkeit

Au Gold, Pt Platin, D Diamanten, Fe Eisenerze, Sn Zinnstein, Ti Titanminerale, Zr Zirkon, S.E. Mineralien der Seltenen Erden u.a. Monazit, SM Schwerminerale, nicht näher unterschieden

Erzschräume

- Explorationstätigkeit

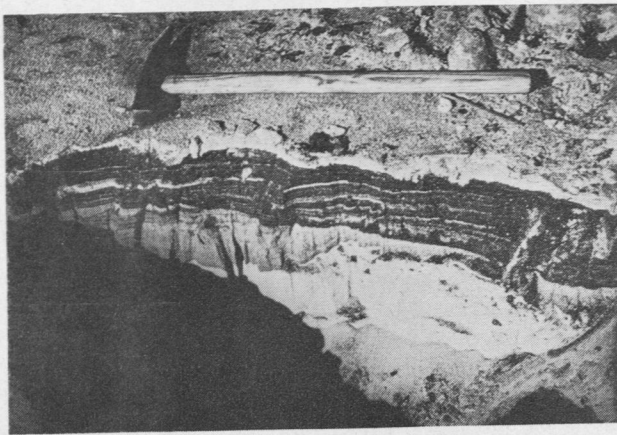


Bild 6. Schwermineralseife im Schurfloch am Strand bei Pebane/Moçambique

Dunkelgrau: Ilmenit, Zirkon, Rutil, Monazit
Hellgrau und weiß: Vorwiegend Quarz

Photo: W. Schott, 1970

derselben oder recht ähnlichen Form auf wie auf dem anschließenden Festland. Dies geht besonders klar aus den Aufschlüssen auf Erdöl und Erdgas in den Schelfgebieten hervor. Zwei Beispiele beweisen dies.

Ostengland, die Nordsee, die Niederlande, Norddeutschland und Dänemark gehören zu einem großen Becken, in dem im Laufe der geologischen Vergangenheit Sedimente von mehreren 1000 m zum Absatz kamen, Bild 7. An dem Südwestrand dieses Beckens sind zur Permzeit, also vor ca. 250 Mio. Jahren sandige und karbonatische Gesteine abgelagert worden. An diese porösen Gesteine sind vor allem die nordwesteuropäischen Erdgasfelder gebunden. So ist die perschnurartige Aufreihung der Felder von der britischen Nordsee über die Niederlande, die Bundesrepublik Deutschland bis nach Schlesien hinein zu verstehen. Während der Tertiärzeit, also vor ca. 40 Mio. Jahren, sind in der nördlichen Nordsee Sedi-

mente in einer Mächtigkeit von über 3000 m entstanden, Bild 8. In diesem Tertiärbecken liegen die neuen bemerkenswerten Erdölfunde auf dem britischen und norwegischen Schelf. Nach den bisherigen Untersuchungen soll das Feld Ekofisk allein einen gewinnbaren Erdölvorrat von 140 Mio. t haben, also in seiner Größe den Vorkommen im Mittleren Osten entsprechen. Für die Versorgung von Nordwesteuropa mit Erdöl werden in naher Zukunft diese Vorkommen daher von großer Bedeutung sein.

Das zweite Beispiel liegt im Schelf vor Südastralien in dem östlichen Teil der Bass-Straße. In dem dortigen Küstenstreifen lagern geringmächtige tertiäre Sedimente auf den in die Tiefe abtauchenden paläozoischen Gesteinen der australischen Alpen. Diese teriären Ablagerungen bilden den Nordrand des großen Gipslands. Beckens mit Sedimenten über 5000 m, dessen Zentrum im Meeresgrund der östlichen Bass-Straße liegt, Bild 9. Eine intensive Offshore-Aufschlußtätigkeit, die mit finanzieller Unterstützung der Regierung durchgeführt wurde, hat Australien innerhalb weniger Jahre von einem erdölarmer zu einem erdölreichen Staat gemacht. Zahlreiche Erdöl- und Erdgasvorkommen sind im Gipslands-Becken entdeckt worden. Die Stadt Melbourne wird bereits durch eine Leitung mit Erdgas versorgt. Bisher konnte Australien nur rd. 9 % seines Erdölbedarfs aus dem Land selbst decken. Durch die Funde in der östlichen Bass-Straße wird Australien nächstes Jahr 65 bis 70 % des Eigenbedarfs fördern. Flüssiggas soll von dort mittels Tanker nach Japan sogar exportiert werden.

Eine intensive Suche nach Erdöl und Erdgas in den Schelfgebieten hat auf der ganzen Welt nach dem letzten Krieg eingesetzt. Bereits vor 26 Staaten sind Fördergebiete entdeckt worden, Bild 10. Etwa 20 % der nachgewiesenen Welterdölreserven und etwa 10 % der Erdgasvorräte liegen im Untergrund der Schelfräume. Ca. 17 % der Welterdölproduktion stammen z.Z. aus Offshore-Gebieten; man schätzt, daß ihr Anteil 1980 bis auf 30 bis 35 % steigen wird.

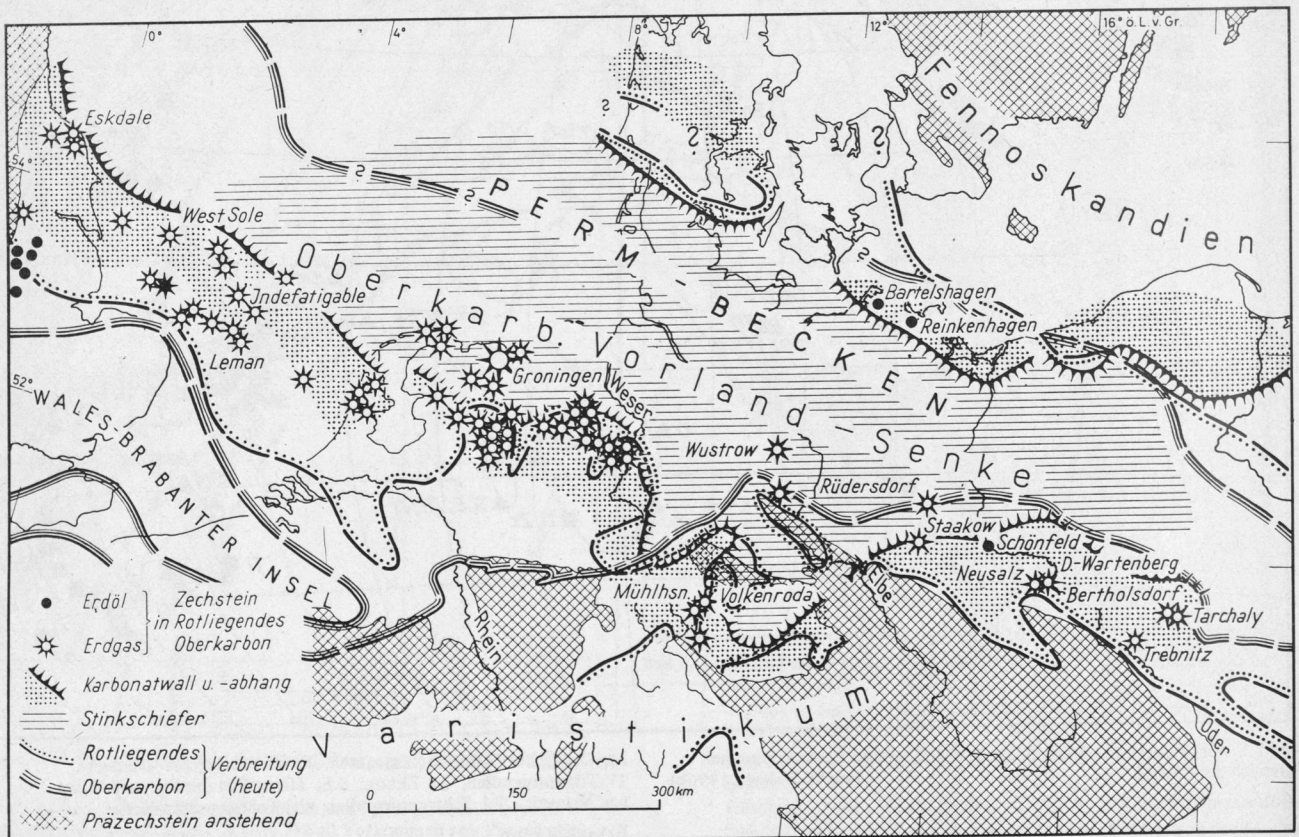


Bild 7. Die nordwesteuropäischen Erdgaslagerstätten im großregionalen paläogeographischen Bild

(aus Boigk u. Stahl)

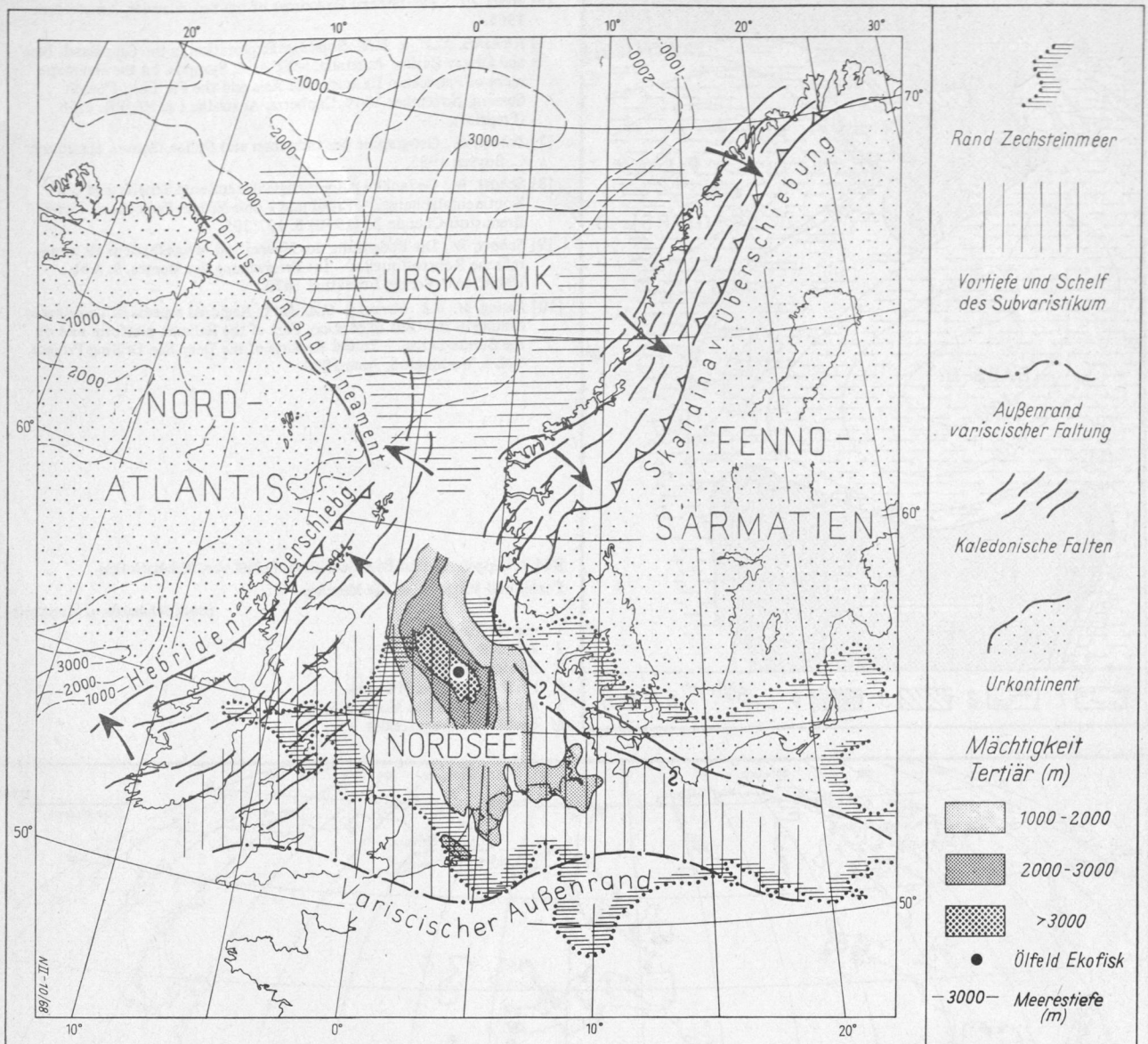


Bild 8. Das Tertiär-Becken der Nordsee und sein großtektonischer Rahmen

(aus Boigk u. Porth)

Diese Schätzungen sind nicht zu optimistisch. Wissenschaftliche Forschungsergebnisse haben in verschiedenen Meeresgebieten auch im Untergrund des äußeren Schelfs, des Kontinentalabhangs und des anschließenden Kontinentalanstiegs, der zu den Meeresstiefen über 4000 m überleitet, größere Sedimentbecken festgestellt, in denen sich Kohlenwasserstoffe als Zersetzungsprodukte der Lebewelt aus der geologischen Vergangenheit gebildet haben können (näheres s. [1] und [8]). Ein wichtiger Hinweis hierfür sind die bemerkenswerten Erdölanzeichen oberhalb eines Salzstockes im Gebiet der Sigsbee-Knolls im Golf von Mexiko bei einer Wassertiefe von 3572 m. Sie wurden dort durch das Abteufen einer Bohrung entdeckt, die 1968 im Rahmen des JOIDES-Programmes vom Bohrschiff „Glomar Challenger“ niedergebracht worden war [10].

Schlußbemerkungen

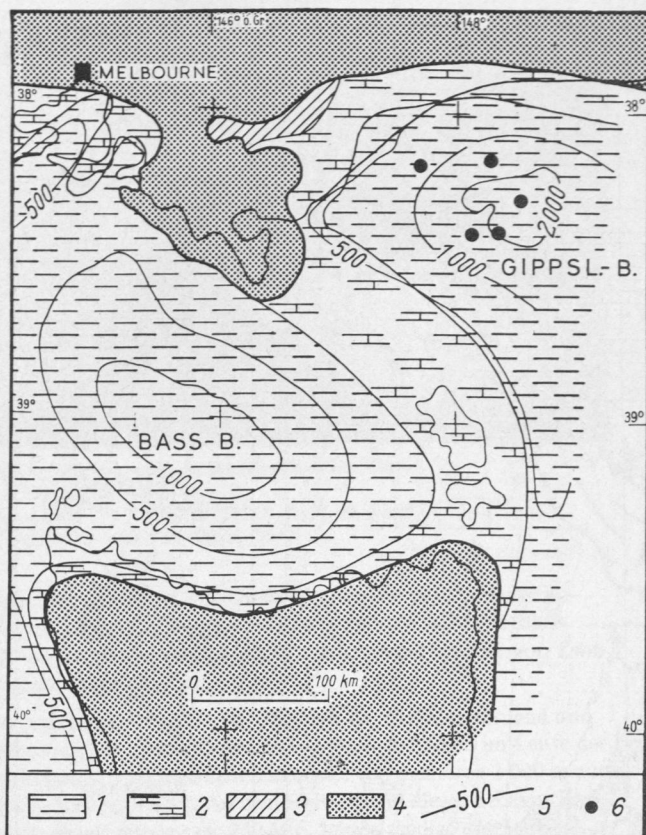
Diese Ausführungen zeigen, daß mineralische Rohstoffe verschiedenster Art auf dem Meeresboden bzw. im Meeresuntergrund vorhanden sind. Die Gewinnung von Erdöl, Erdgas, Kohle, Eisenerz, Mineralseifen u.a. ist bereits im vollen Gange. Bei anderen Rohstoffen ist das Stadium intensiver Überlegungen über ihre Ausbeutung noch nicht beendet. So hängt die Möglichkeit der Nutzung

von Mangan- und Phosphoritknollen sowie von Erzschlammern vor allem von der technologischen Entwicklung der Geräte und Verfahren ab, mit denen diese Rohstoffe unter wirtschaftlichem Nutzen gewonnen und aufbereitet werden können.

Da der Ozeanboden hinsichtlich des Auftretens von mineralischen Rohstoffen noch keineswegs genügend bekannt ist, ist es nicht nur notwendig, sondern erforderlich, daß sich vor allem alle Industrienationen, die dazu in der Lage sind, an der Erforschung des Ozeanbodens beteiligen, damit auch in der Zukunft der Menschheit die für ihr Leben notwendigen mineralischen Rohstoffe zur Verfügung stehen.

Literatur

- [1] Boigk, H., u. H. Porth: Zur Frage der Erdölmöglichkeit des Außenschelfs und des Kontinentalabhangs. — Erdöl und Kohle — Petrochem. Verein. Brennstoff-Chemie 23 (1970) S. 137/44.
- [2] Boigk, H., u. W. Stahl: Zum Problem der Entstehung nordwestdeutscher Erdgaslagerstätten. — Erdöl und Kohle 23 (1970) S. 325/33, 11 Abb.
- [3] Commission on Marine Science, Engineering and Resources: Our Nation and the Sea, a plan for National Action. United States Government Printing Office. Washington DC. 1969.
- [4] Degens, E.T., u. D.A. Ross: Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea. Berlin: Springer 1969.



- [5] Mero, J.L.: The Mineral Resources of the Sea. Elsevier, Amsterdam 1965.
- [6] Richards, K.A., u. B.M. Hopkins: Exploration in the Gippsland, Bass and Otway Basins, Australia. – ECAFE, Sympos. on the Development of Petroleum Resources of Asia and the Far East, Fourth Session, November 1969, Canberra, Australia, I & NR/PR. 4/58 (Preprint).
- [7] Schott, G.: Geographie des Indischen und Stillen Ozeans. Hamburg: C. Boysen 1935.
- [8] Schott, W.: Gedanken zur Geologie des äußeren Schelfs und des Kontinentalabhangs. – Erdöl und Kohle-Erdgas-Petrochem. Verein Brennstoff-Chemie 23 (1970) S. 197/205.
- [9] Schott, W.: Die Bedeutung des Meeres und Meeresbodens als mineralische Rohstoffquelle. – In: Erforschung des Meeres, 9. Abb., UMSCHAU Verlag, Frankfurt 1970.
- [10] Ewing, M., J.L. Worzel u. C.A. Burk: Regional aspects of deep-water drilling in the Gulf of Mexico, East of the Bahama platform and on the Bermuda rise. – Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Vol. I, Washington, June 1969.

Bild 9. Gippsland- und Bass-Becken im Schelf von Südastralien
Fazies und Mächtigkeits des Miozäns

(nach Richards u. Hopkins)

- 1 marine Mergelfazies
- 2 Kalksteinfazies
- 3 nichtmarine Fazies
- 4 Festland z.Z. des Miozäns
- 5 Mächtigkeiten des Miozäns in m
- 6 Erdöl- und Erdgasfelder

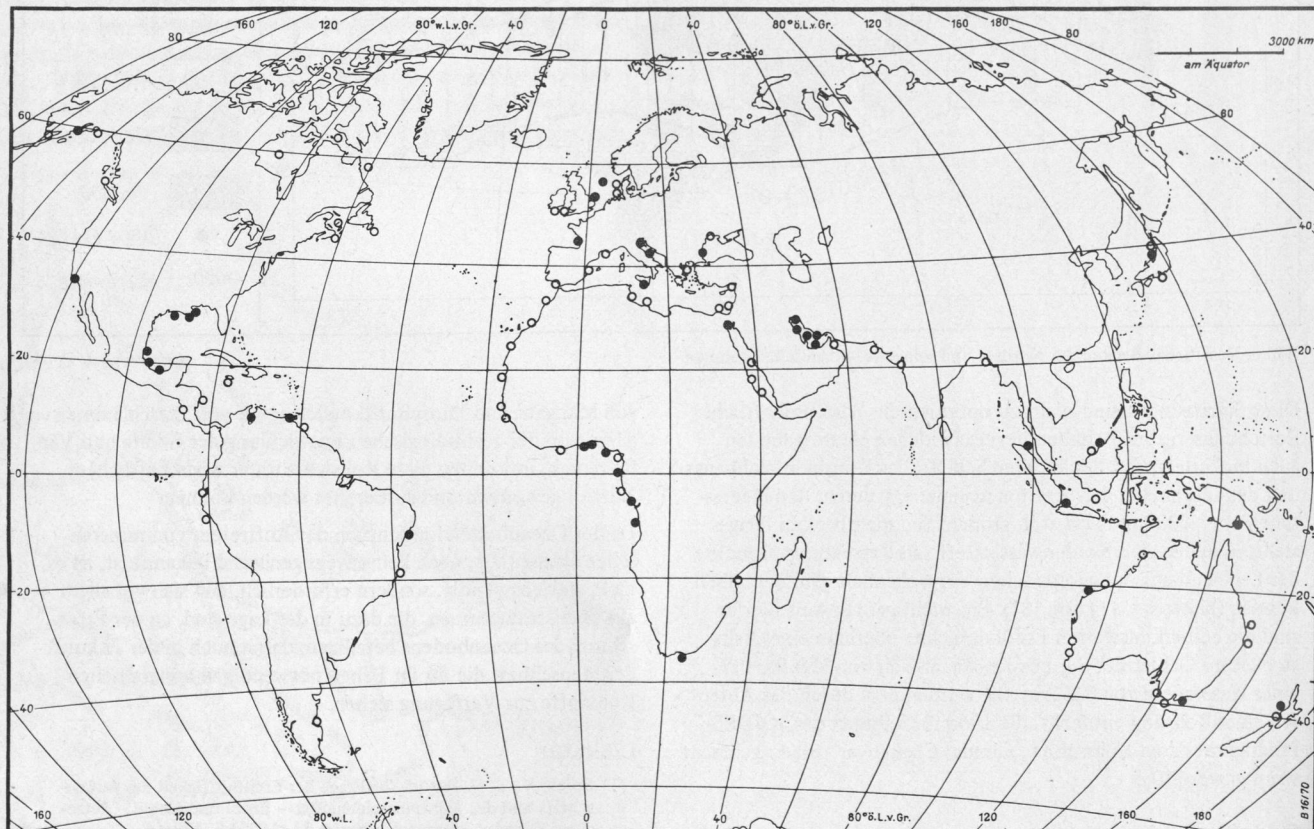


Bild 10. Erdöl und Erdgas in Schelfgebieten der Ozeane
(aus W. Schott, 1970a, mit Ergänzungen)

- Aufschlußstätigkeit
- Produktionsgebiete bzw. fundige Bohrungen